

高解像度化した局地気象数値モデルによる地上風速の推定に関する研究

水文気象研究室 大倉 走
指導教員 熊倉俊郎

1. はじめに

新潟県をはじめとする日本海側の豪雪地帯は冬期の降水量が多く、雪崩や道路雪氷障害等の災害をもたらす要因であるため、降雪・積雪の状況を正確に推定し把握することは非常に重要である。積雪水量の導出には、アメダス地上観測降水量で補正を行ったレーダー・アメダス解析降水量が使用されているが、アメダス観測にも降水量計の受水口付近の気流の乱れにより、捕捉される降水量が真の降水量よりも小さくなるという問題が存在するため、風速による捕捉率補正をアメダス地上観測降水量について行うことが必要である。よって、降水量のみを計測しているアメダス観測点で降雪量を見積もるためには風速が必須であるため、本研究では局地気象数値モデルによる地上風速の推定を目的とした。

2. データと手法

2.1 気象庁非静力学モデル(NHM)

局地的な地形の影響を受ける風は静力学近似を行わない非静力学モデルのほうが正しく表現できることから、地上風速の推定には、気象庁で防災気象情報の発表を目的として現業利用されている局地気象モデルである NHM を使用した。局地気象数値モデルでは、地球表面の一部分を切り取って領域を取ることで、側面境界条件が必須である。また、どの大気モデルとも共通で底面境界条件、上部境界条件、そして初期条件も必要である。物理過程には、一般的に必要と考えられる放射過程、乱流過程、降水過程が取り入れられている。ここで、本研究の流れを図 1 に示す。

2.2 ネスティングによる数値解析結果の評価

ネスティングとは、同じ気象数値モデルを、計算する水平格子間隔を小さくして、大きな格子間隔のモデルを初期、境界条件として計算する手法で、大きな格子間隔のモデルを親モデル、小さい方を子モデルと称する。ここでは、防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター（以下、雪氷防災研と称する）が防災目的のために現業で行っている、NHM を用いたネスティングによる数値解析結果を使用し、その中の風速推定結果を、新潟県とその周辺のアメダス観測風速と比較した。

■実験条件

計算期間は、2008 年 2 月 11 日 15 時から 2 月 19 日 2 時までの 180 時間である。雪氷防災研では、まず、日本周辺の大気を対象とした水平分解能 10km の気象庁数値予報モデルである、気象庁メソ数値予報モデル格子点値 (MSM-GPV) から作成した初期値、側面境界値を用いて日本海を含む 10km 解像度の計算を行い、その結果を親モデルとして、新潟県周辺領域の 1.2km 解像度でネスティングを行っている。この計算を以下、「NS012 新潟」と称する。尚、下部境界条件の地形の作成には、USGS (United States Geological Survey) による全球 30 秒 (約 1km) の格子間隔でカバーした全地球数値標高モデル (DEM) である、GTOPO30 を使用している。

■アメダス観測風速との比較

長岡観測点における「NS012 新潟」の風速推定結果とアメダス観測風速との時系列比較結果を図 2 に示す。この図から、時系列変化の全体的な傾向はある程度表現できているが、推定風速が観測値よりも過大評価されていることがわかる。新潟県内とその周辺の各アメダス観測点について、平均誤差 (ME) と平均二乗平方根誤差 (RMSE) をそれぞれ算出し、比較を行った全地点での平均値を取ると、ME は 1.8 m/s、RMSE は 3.1m/s で、全体的に過大評価されており、捕捉率補正を行うのに精度が不十分であるという結果を得た。そこで、本研究では、「NS012 新潟」を初期値、境界値とした NHM による数値解析を行うこととした。

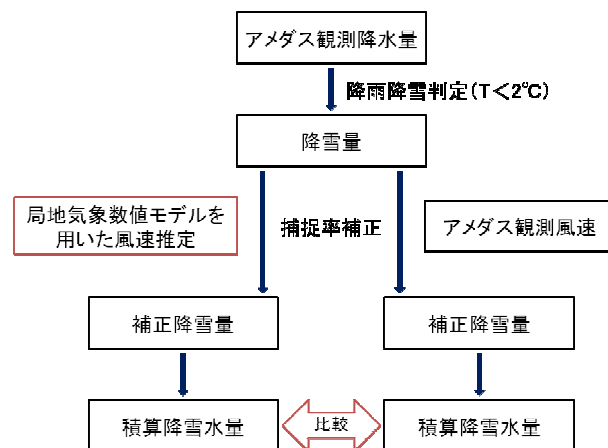


図 1 研究の流れ

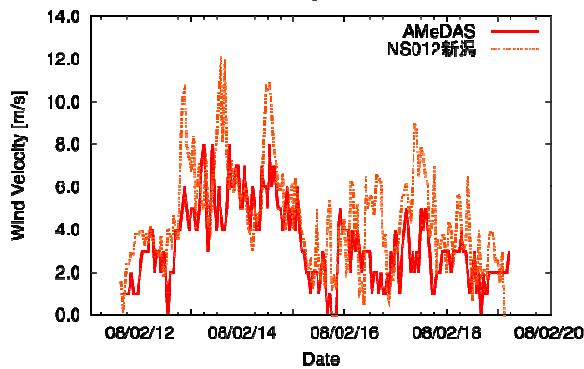


図2 長岡における風速の時系列比較
(2008年2月11日15時～19日2時)

2.3 Dynamic Adaptationによる数値解析

Dynamic Adaptationとは、ある時刻、ある領域での大気状態を、初期値、境界値一定の条件で定常状態に達するまで物理過程を省いた力学過程のみの収束計算を行うことにより推定する手法で、地形をはじめとする下部境界条件の影響が推定値に強く反映される。また、水平解像度を500mに設定し、より局所的な風の表現を試みた。風は局所的な地形の影響を顕著に受ける要素であるため、この手法により良好な結果が得られると考えた。

■実験条件

座標系について、水平には、各対象観測点を中心とした、格子間隔500m、格子数50×50の等距離格子を、鉛直には、最下層で地表に沿い、モデルのトップで水平な高度面となるZ*座標系を用い、最低層で10m、最上部の約13000m上空で格子間隔約700mになる38層の不等間隔格子を定義した。対象観測点は、標高や降雪量を考慮し、柏崎、高田、長岡、小出、湯沢、津南の6地点を選定した。各観測点における計算を、以下では、地点名、水平格子間隔を用いて、例えば、柏崎、格子間隔500mの場合、「DA005 柏崎」とした。初期値と側面境界値は、「NS012 新潟」の数値解析結果を用いて作成した。底面境界条件について、地形は、国土数値情報50mメッシュ標高データを用いて、500mメッシュに平滑化することで作成した。上面境界値は、摩擦のない断熱固定壁にレイリーダンピングによる吸収層を設け、上方に伝わる波を減衰させるように設定した。また、物理過程は、風速推定のために最低限必要と思われる、乱流過程のみを考慮した。

■収束条件

格子数が同じであれば、収束時間もほぼ等しく

なることから、2008年2月13日15時における「DA005 小出」の計算で得られた収束時間=60分を各領域、各時刻の計算にも適用した。

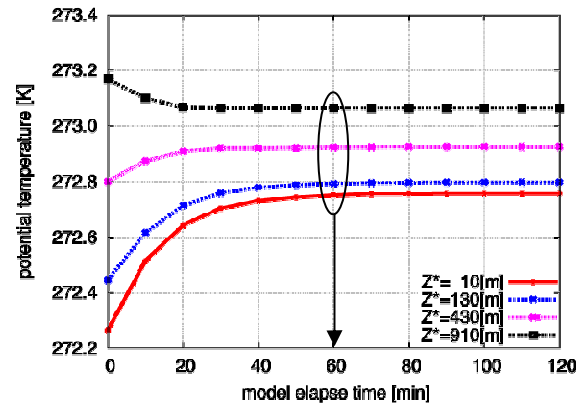


図3 温位のエリア平均
(小出、2008年2月13日15時)

■風速推定値の高さによる補正

本実験のモデル最下層は10mに設定しているが、風速計の高さは各観測点で異なるため、高さに関する補正を行う必要がある。ここでは最も簡単な線形補間法により、モデル面高さZ*=10mと30mの値を両端の値として補間した(図4)。

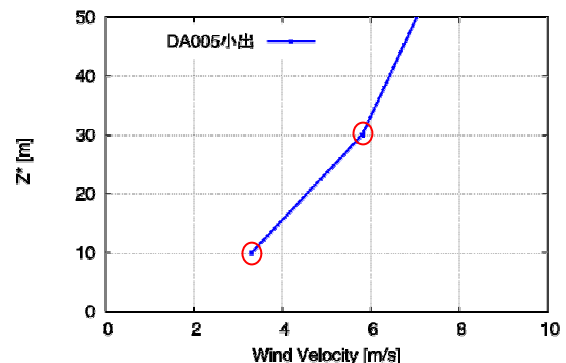


図4 地表面付近の風速鉛直分布
(小出、2008年2月13日15時)

2.4 風速による降水量計の捕捉率補正

地上における降雨降雪判定は、気温2°C以上を雨、2°C未満を雪とする判定条件を採用した。

降水量計の捕捉率補正は、横山ら(2003)による以下の経験式で求めた捕捉率Cでアメダス観測降水量を割ることで行った。

$$C = \frac{1}{1 + mw_s} \quad (1)$$

ここで、 w_s は風速(m/s)、 m は降水量計に特有の係数で、RT-3型では雨の場合0.0856、雪の場合0.346、RT-4型では雨の場合0.0192、雪の場合0.128である。

3. 結果と考察

「NS012 新潟」の風速水平分布算出結果を図 5 に、「DA005 小出」の結果を図 6 に示す。「NS012 新潟」では風向、風速とも一様分布であったのに対し、「DA005 小出」では地形に沿った局所的な変化が顕著に表現されるようになった。

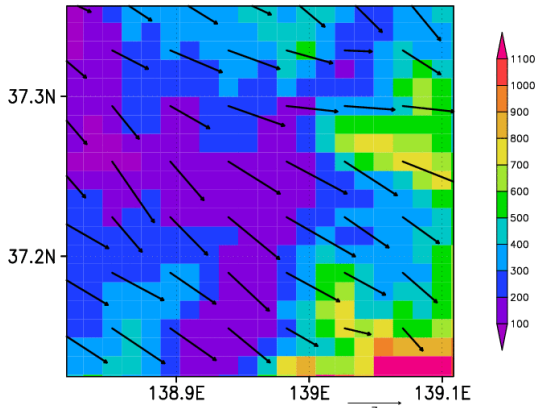


図 5 「NS012 新潟」の風速水平分布算出結果 (小出領域、2008 年 2 月 13 日 15 時)

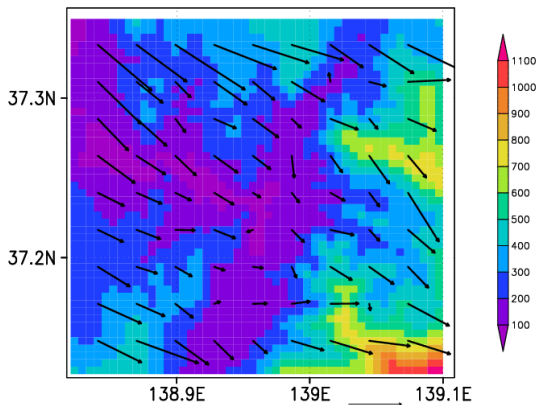


図 6 「DA005 小出」の風速水平分布算出結果 (小出領域、2008 年 2 月 13 日 15 時)

湯沢における風速推定値とアメダス観測値との時系列比較結果を図 7 に示す。この図から、「NS012 新潟」での風速の過大評価が改善されており、全体的な傾向もよく表現できていることがわかる。また、2 日間以上にわたって欠測がある小出を除いた 5 地点の平均では、アメダス平均風速 2.8m/s に対して、ME=0.4m/s、RMSE=1.7m/s、CV=69%という結果で、「NS012 新潟」に比べて ME で約 1m/s、RMSE で約 0.7m/s、CV で約 30% 向上した。地点別に見ると、柏崎、高田、長岡における CV は 40~56%、湯沢、津南では CV は約 100%という結果で、標高が低く、平野部に位置する地点の方が精度が高かった。

次に、湯沢における積算降雪水量の時系列比較

を図 8 に示す。積算降雪量についても「NS012 新潟」よりも精度が向上していることがわかる。時系列の挙動に着目すると、2 月 15 日 16 時までは観測値とほぼ一致しているが、その後誤差が蓄積され、最終的に 16% という結果であった。湯沢についても、小出と同様に風速計が欠測と思われる期間があり、その期間と誤差が大きくなる時間がほぼ一致することから、計算値の方が真値に近いかもしれない。湯沢において欠測期間を除いた場合、積算降雪水量の誤差は 10% となった。

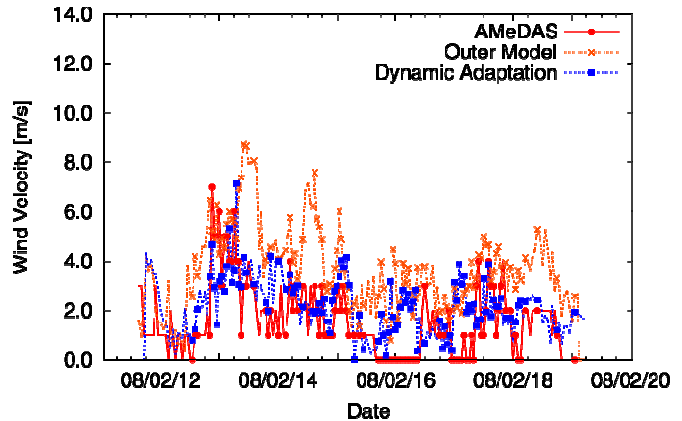


図 7 湯沢における風速推定結果の時系列比較

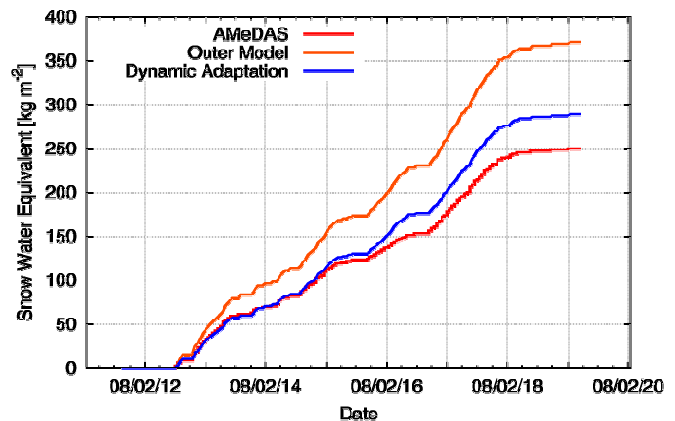


図 8 湯沢における積算降雪水量の時系列比較

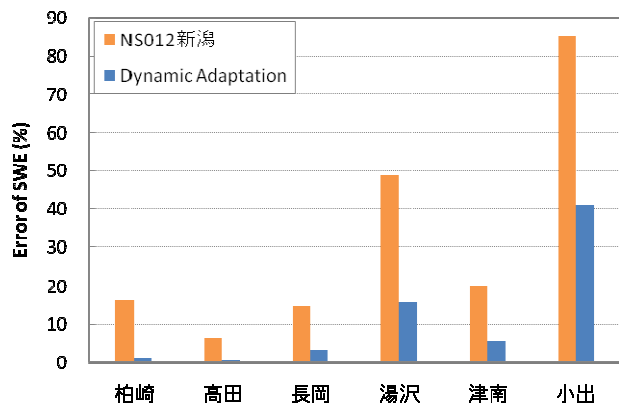


図 9 各観測点における積算降雪水量の誤差率

各観測点における積算降雪水量の誤差率を図9に示す。欠測期間が非常に多い小出を除いた5地点について考えると、平均値 172 kg/m^2 に対し、誤差は約5%であり、「NS012新潟」に比べて約16%精度が向上した。また、小出、湯沢、津南の欠測と思われる期間を取り除いた場合、6地点での誤差平均は約7%という結果であった。

以上のように、Dynamic Adaptationによる風速推定値を用いて捕捉率補正を行った場合の積算降雪水量の結果は良好であり、1要素観測点における正しい降雪量の算出に有効であると考えた。そこで、1要素観測点である塩沢で風速推定を行った結果、積算降雪水量は 238 kg/m^2 で、捕捉率補正を行っていないアメダス観測値を用いた場合よりも約 80 kg/m^2 大きくなった(図12)。

塩沢は、湯沢と地理条件が類似しており、両者の風速時系列が比較的同様の傾向を示しているため、誤差の傾向は同じであると仮定し、湯沢の風速推定値に関するRMSE(=1.5m/s)を、湯沢における推定風速の期間平均値(=1.7m/s)で割り、塩沢のある時刻の推定風速1時間値をかけ合わせ、得られた値を塩沢におけるある時刻の推定風速の誤差とした。この結果、風速の推定誤差の変動幅は期間平均で3.2m/sとなった(図10)。そして、この誤差の上限値と下限値を用いて、それぞれ風速による捕捉率補正を行い、補正降雪水量の誤差の変動幅とし、その中に塩沢における降雪量の真値が存在すると考えた。この推定誤差の変動幅の期間平均は1.5mm/hという結果であった(図11)。

4. 結論

雪氷防災研が行った「NS012新潟」を初期、境界値として、NHMを用いたDynamic Adaptationによる風速推定を柏崎、高田、長岡、小出、湯沢、津南、塩沢の7地点で行い、降水量計の捕捉率補正を施した積算降雪水量を求め、次の結果を得た。

- 風速の水平分布は、「NS012新潟」では風向、風速とも一様分布であったが、Dynamic Adaptationによる数値解析結果では局所的な変化が顕著に表現された。
- 風速推定値とアメダス観測値とを比較した結果、小出を除いた5地点では、アメダス平均風速 2.8m/s に対して、 $ME=0.4\text{m/s}$ 、 $RMSE=1.7\text{m/s}$ という結果で、「NS012新潟」に比べてMEで約 1m/s 、RMSEで約 0.7m/s 向上し、地点別では、標高が低く、平野部に位置する地点の方が精度が高かった。
- 積算降雪水量について、小出を除いた5地点では、平均値が 172 kg/m^2 に対して、誤差は

約5%であり、「NS012新潟」に比べて約16%精度が向上した。

- 1要素観測点である塩沢での推定積算降雪水量は 238 kg/m^2 で、地理条件が類似している湯沢のRMSEを用いて精度を評価した結果、推定風速の誤差の変動幅は 3.2m/s で、降雪量では 1.5mm/h という結果を得た。
- Dynamic Adaptationによる風速推定を、他の1要素観測点についても行き、推定風速を用いて捕捉率補正を行えば、より局所的な積雪水量の導出が可能になると考えられる。

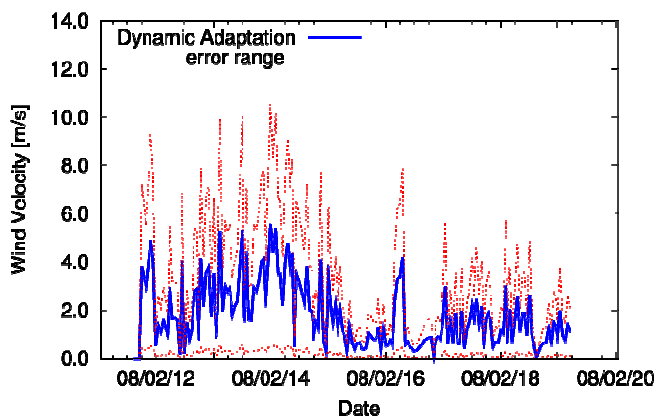


図10 塩沢における風速算出結果と推定誤差

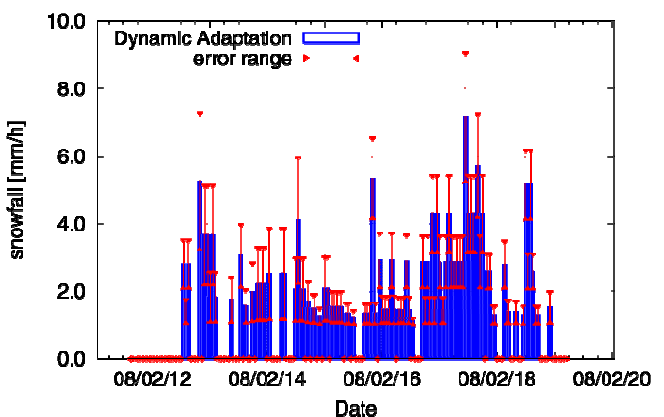


図11 塩沢における補正降雪水量と推定誤差

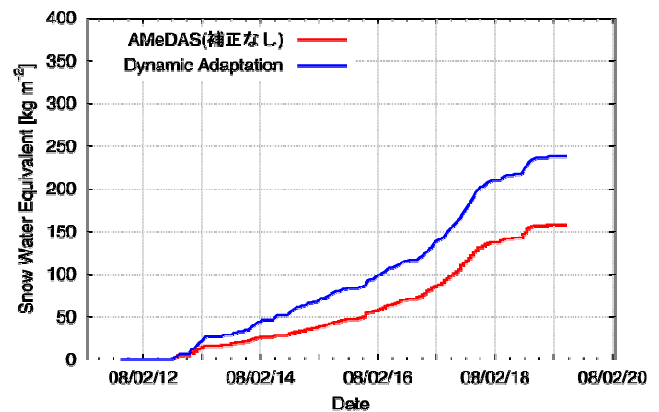


図12 塩沢における推定積算降雪水量